

## MIMO Full-Duplexシステムにおける自己干渉抑圧法に関する研究

著者	山本 芳之
雑誌名	東北大学電通談話会記録
巻	87
号	1
ページ	176-177
発行年	2018-08
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/00123490">http://hdl.handle.net/10097/00123490</a>

修士学位論文要約（平成30年 3 月）

# MIMO Full-Duplex システムにおける自己干渉抑圧法に関する研究

山本 芳之

指導教員：陳 強

## Research on Self-Interference Suppression Method in MIMO Full-Duplex System

Yoshiyuki YAMAMOTO

Supervisor: Qiang CHEN

The multiple-input multiple output (MIMO) full-duplex system is being studied recently for application to the next wireless network. However, the MIMO full-duplex system suffers from self-interference. The self-interference problem makes demodulation of the receiver difficult because the receiver is affected by own transmission power. Therefore, we proposed interference suppression circuit connecting the receiving array antennas. The interference suppression circuit concentrates self-interference power at one port using the phase difference of self-interference power. The interference port of interference suppression circuit is terminated and other ports are connected to radio frequency (RF) front-end. In this letter, we evaluated numerically and experimentally the suppression level of the interference suppression circuit. In the results, we found that the interference suppression circuit suppressed the self-interference power.

### 1. はじめに

近年、端末数の急激な増加に伴い、MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) Full-Duplex システムのような追加の周波数帯を必要とせずに通信容量を向上させる通信システムが注目されている<sup>1)</sup>。しかし、受信機が自己の送信機の送信電力により、RF (Radio Frequency) フロントエンドが飽和する自己干渉の問題がある。自己干渉が発生すると、所望信号の復調が困難になる<sup>2)</sup>。

そこで、本論文では自己干渉の抑圧を達成するためにエンドファイア配置の受信アレーアンテナに接続する干渉抑圧回路を提案する。本論文では、干渉抑圧回路を提案し、モーメント法を用いた数値解析と実機実験から本手法の有効性を明らかにしていく。

### 2. 180 度ハイブリッド回路を用いた自己干渉抑圧法

図 1 に本論文で取り扱うシステムモデルを示す。ここで  $N$  は送信アンテナ本数、 $M$  は受信アンテナ本数、 $d_e$  は素子間隔、 $D$  は送受信アンテナ間距離である。本手法では受信アレーアンテナと RF フロントエンドの間に提案回路を挿入する。干渉電力が提案回路を通過することで、干渉電力を 1 つのポートにのみ残留させ、他のポートの干渉電力を抑圧する。出力ポートの内、残留したポートを終端することで、他のポートの自己干渉を抑圧できる。ここで干渉が残留したポートを干渉ポート、干渉が抑圧されたポートを抑圧ポートと定義する。

図 2 に干渉抑圧回路の構成図を示す。図 2 では受信アンテナ本数が 4 本の場合の干渉抑圧回路の構成図を示す。受信アンテナ本数が 4 本の場合、使用する

180 度ハイブリッド回路は 3 つである。また、受信アンテナの素子間隔が半波長の場合、エンドファイア方向から到来する干渉電力は 180 度の位相差で得られる。ここで、図 2 では干渉電力の減衰がなく位相差が 180 度で得られたと仮定する。1 段目のハイブリッド回路には同振幅、逆位相の干渉電力が得られるため、2 つの入力信号の和を出力する  $\Sigma$  ポートでは干渉が除去され、2 つの入力信号の差を出力する  $\Delta$  ポートには干渉が残留する。2 段目の 180 度ハイブリッド回路には同一振幅、同位相の干渉電力が得られるため、 $\Delta$  ポートは干渉が除去され、 $\Sigma$  ポートは干渉が残留する。従って、干渉抑圧回路は 4 本の受信アンテナに入力された干渉電力を 2 段目の 180 度ハイブリッド回路の  $\Sigma$  ポートに集中させることができる。

### 3. 数値解析結果

図 3 にモーメント法を用いた数値解析結果を示す。ここで、素子間隔は半波長とし、送受信アン

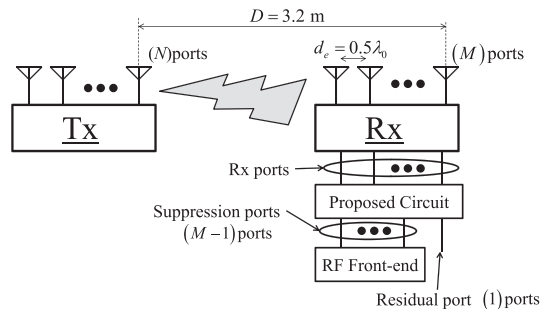


図 1 MIMO Full-Duplex のシステムモデル。

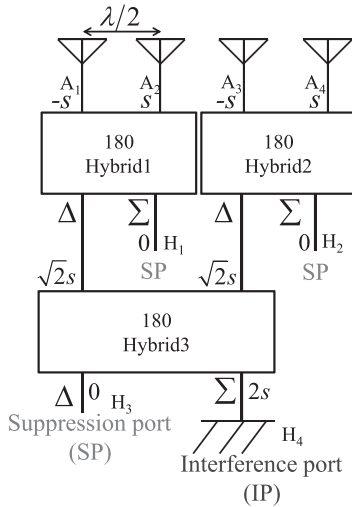


図2 干渉抑圧回路の構成図。

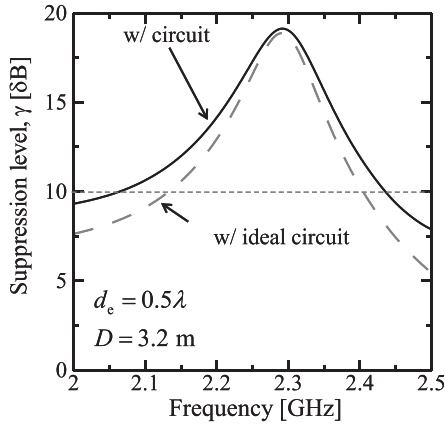


図3 数値解析結果。

テナ間距離は 3.2 m として解析を行った。ここで干渉抑圧効果は干渉抑圧回路を使用することによる干渉電力の抑圧量と定義する。また、w/ circuit はモーメント法を用いて解析した干渉抑圧回路の特性を、w/ ideal circuit は理想的な特性を持つ干渉抑圧回路を用いた場合の解析結果を表す。

この結果から、干渉抑圧回路を使用することで、干渉電力を最大で 19 dB 抑圧できることが明らかになった。また、10 dB 以上の干渉抑圧効果を得られる帯域は 370 MHz であった。したがって、干渉抑圧回路は MIMO Full-Duplex システムの自己干渉を抑圧できることが分かった。

#### 4. 実験結果

図 4 に実機実験の干渉抑圧特性を示す。ここで、素子間隔と送受信アンテナ間距離は数値解析と同様の数値を用いた。

この結果から、数値解析結果と同様に、干渉抑圧

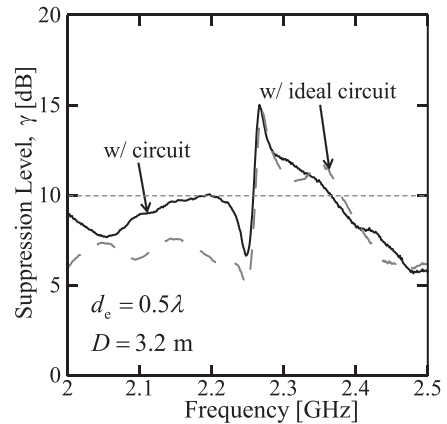


図4 実験結果。

回路を用いることで、自己干渉電力を抑圧できることが分かった。特に、2.3 GHz では最大の 15 dB の干渉抑圧効果を得ることができた。しかし、2.25 GHz 付近では干渉抑圧効果の落ち込みがある。これは使用したアンテナの影響によるもので、干渉抑圧回路は使用する受信アンテナの影響を受けることが分かった。また、10 dB 以上の干渉抑圧効果が得られる帯域は 180 MHz であった。このことから、提案した干渉抑圧回路は干渉抑圧法として有効であることが明らかになった。

#### 5. まとめ

本論文では、MIMO Full-Duplex システムの自己干渉問題に対して、受信アレーアンテナに接続する干渉抑圧回路を提案し、その有効性について検討を行った。干渉抑圧回路を使用することで、数値解析では最大 19 dB、実機実験では最大 15 dB の干渉抑圧効果を得ることができた。この結果から干渉抑圧回路を使用することで自己干渉を抑圧できることが明らかになった。

#### 謝辞

本研究の一部は総務省 SCOPE (155002002)の委託を受けたものである。

#### 文献

- 1) S. Hong, J. Brand, J. Choi, M. Jain, J. Mehlman, S. Katti, and P. Levis, "Applications of self-interference cancellation in 5G and beyond," *IEEE Commu. Mag.*, vol. 52, no. 2, pp. 114-121, Feb. 2014.
- 2) T. Riihonen, S. Werner, R. Wichman, and E. Zacarias B., "On the feasibility of full-duplex relaying in the presence of loop interference," in *Proc. 10th IEEE Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications*, pp. 275-279, June 2009.